

Tata cara pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horizontal tanah



© BSN 2008

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Mangala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

| | |
|---|-----|
| Daftar isi | i |
| Prakata | ii |
| Pendahuluan..... | iii |
| 1 Ruang Lingkup | 1 |
| 2 Acuan normatif..... | 1 |
| 3 Istilah dan Definisi | 1 |
| 4 Ketentuan dan persyaratan | 2 |
| 4.1 Peralatan dan perlengkapan..... | 2 |
| 4.2 Lubang bor..... | 3 |
| 4.3 Batas sudut kemiringan pemasangan | 3 |
| 4.4 Pemeliharaan peralatan instrumen..... | 3 |
| 4.5 Keselamatan kerja | 3 |
| 4.6 Petugas dan penanggung jawab | 3 |
| 5 Cara pemasangan | 4 |
| 5.1 Persiapan..... | 4 |
| 5.2 Pemasangan..... | 4 |
| 6 Pemantauan | 7 |
| 6.1 Prinsip pengukuran pergerakan horisontal | 7 |
| 6.2 Jadwal selang waktu pengukuran..... | 7 |
| 6.3 Prosedur pengukuran | 8 |
| 7 Laporan pemasangan dan pemantauan | 10 |
| Lampiran A Gambar-gambar (informatif)..... | 11 |
| Lampiran B Contoh formulir isian dan grafik hasil pengukuran (informatif) | 17 |
| Lampiran C Daftar deviasi teknis dan penjelasannya (informatif) | 20 |
| Bibliografi | 21 |

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang 'Tata cara pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horisontal tanah' merupakan revisi dari SNI 03-3404-1994, *Tata cara pemasangan inklinometer*. Adapun perbedaan dengan SNI lama adalah penambahan dan revisi beberapa materi mengenai persyaratan dan ketentuan serta cara pengujian, penjelasan rumus, pembuatan bagan alir, perbaikan gambar dan pembuatan contoh formulir.

Standar ini disusun oleh Panitia teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Pendayagunaan Sumber Daya Air Bidang Bahan dan Geoteknik pada Subpanitia teknis Sumber Daya Air.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas pada forum rapat konsensus yang diselenggarakan di Bandung pada tanggal 28 September 2006 oleh Subpanitia Teknis Sumber Daya Air dengan melibatkan para narasumber dan pakar dari berbagai instansi terkait.



Pendahuluan

Suatu struktur bangunan teknik sipil pada umumnya didirikan di atas lapisan tanah/batuan, bahkan konstruksi tanggul atau bendungan memerlukan material tanah/batuan sebagai bahan urugan. Sesuai dengan proses pembentukan lapisan tanah/batuan sebagai alas fondasi maupun bahan urugan yang cukup kompleks terkait dengan perilaku bangunan dan beban yang ada maka keamanan bangunan ini perlu diketahui secara aktual di lapangan.

Salah satu data yang diperlukan untuk mengetahui perilaku keamanan bangunan ini adalah deformasi atau pergerakan bangunan dalam arah horisontal. Deformasi/pergerakan horisontal tanah/batuan baik lapisan fondasi maupun struktur bangunan akan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran/pembacaan alat inklinometer yang dipasang pada bangunan ini.

Dengan demikian, maka akan diketahui perbedaan deformasi/pergerakan horisontal tanah/batuan suatu bangunan tanggul/bendungan yang telah dihitung dengan cara analisis dan dengan yang diperoleh secara langsung di lapangan. Melalui hasil pembahasan dan penelitian terhadap perbedaan deformasi/pergerakan horisontal tanah/batuan ini yang dihitung dengan berbagai rumus dibandingkan terhadap hasil di lapangan akan memperluas pengetahuan tentang bidang struktur dan geoteknik.

Untuk memperoleh data pergerakan horisontal tanah/batuan yang dapat dipertanggung jawabkan, maka tata cara pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horisontal tanah/batuan ini akan menguraikan tentang prinsip cara pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan tanah/batuan yang meliputi:

- a) Persyaratan dan ketentuan peralatan, cara pemasangan, perlengkapan dan inklinometer.
- b) Cara pemasangan pipa inklinometer melalui lubang bor, dilakukan pada tanah asli yang diduga sedang atau akan mengalami pergerakan, misalnya pada lereng-lereng diatas saluran, jalan raya, tepi sungai dan lain-lain.
- c) Pemasangan pipa inklinometer melalui lubang bor, dilakukan bersamaan dengan penimbunan yang sedang berlangsung, misalnya pada pembuatan bendungan atau tanggul.
- d) Cara pemantauan deformasi/pergerakan horisontal tanah/batuan yang meliputi persiapan dan pelaksanaan pembacaan inklinometer.
- e) Petunjuk jadwal pelaksanaan pembacaan.
- f) Prinsip dan mekanisme pergerakan tanah dan batuan serta rumus yang digunakan.

Standar ini dimaksudkan untuk memberi petunjuk bagi teknisi lapangan dan pihak lain dalam melaksanakan pemasangan inklinometer dan pemantauan gerakan horisontal tanah sehingga diharapkan akan diperoleh data yang baik untuk keperluan analisis perilaku dan keamanan fondasi serta struktur bangunan teknik sipil yang antara lain berupa tanggul, bendungan dan bendung. Standar ini menguraikan secara lengkap tahapan pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horisontal tanah, sehingga standar ini dapat digunakan dan bermanfaat bagi perencana dan pelaksana serta semua pihak yang terkait dalam pembangunan teknik sipil.



Tata cara pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horisontal tanah

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan tata cara pemasangan inklinometer dan pemantauan deformasi/pergerakan horisontal lapisan tanah/batuan dan atau lapisan tanah urugan suatu tanggul, tubuh bendungan, tembok penahan tanah, pangkal jembatan serta bangunan teknik sipil lainnya untuk menjamin pemasangan inklinometer dan pengukuran/pembacaan yang benar agar diperoleh data pergerakan horisontal tanah atau batuan yang teliti.

2 Acuan normatif

SNI 02-2436-1991, *Tata cara pencatatan dan identifikasi hasil pengeboran inti*.

ASTM D 2113-99, *Standard practice for rock core drilling and sampling of rock for site investigation*.

ASTM D 2488-00, *Standard practice for description and identification of soils (Visual-Manual Procedure)*.

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang berkaitan dengan standar ini adalah sebagai berikut.

3.1 alat baca

unit alat alat baca yang dihubungkan dengan torpedo melalui kabel untuk mengukur penyimpangan sudut yang mencerminkan pergerakan horisontal yang terjadi

3.2 batuan

kumpulan material dari satu atau lebih mineral yang terbentuk secara alami dan terikat oleh gaya kohesi kuat serta memenuhi tingkat mineralogi dan kimiawi yang tetap

3.3 inklinometer

salah satu unit instrumentasi geoteknik yang digunakan untuk mengukur pergerakan horisontal lapisan tanah/batuan

3.4 pasta semen

campuran semen dengan bentonite dan air dengan perbandingan berat 1 : 5 sampai 1 : 10

3.5 pembacaan awal

serangkaian kegiatan pengukuran pergerakan horisontal tanah/batuan dengan cara melakukan pencatatan/pengukuran pergerakan horisontal pada saat setelah selesai pemasangan pipa inklinometer. Data awal pergerakan horisontal akan dibandingkan dengan pencatatan berikutnya sehingga akan diperoleh besar pergerakan horisontal tanah/batuan yang terjadi

3.6

pergerakan horisontal tanah

perubahan horisontal dari lapisan tanah/batuan yang terjadi ke arah mendatar akibat perubahan tegangan dan regangan di dalam lapisan tanah/batuan

3.7

pipa inklinometer

pipa yang terbuat dari alumunium atau PVC atau bahan lainnya yang anti karat mempunyai 4 buah alur yang saling berhadapan. Alur-alur pipa inklinometer ini berfungsi sebagai jalur/pengarah roda torpedo tersebut

3.8

tanah

suatu agregat alam yang memiliki berbagai ukuran dan berbentuk tidak teratur yang merupakan hasil pelapukan suatu jenis batuan baik secara mekanik maupun kimia seperti lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal

3.9

torpedo

alat yang terbuat dari baja anti karat yang dilengkapi dengan suatu sensor pengimbangan yang bekerja seperti pendulum sedemikian rupa sehingga dapat mengukur penyimpangan dalam arah horisontal sehingga dapat mengukur pergerakan horisontal

3.10

urugan tanah

bahan urugan yang dipadatkan dengan menggunakan *vibrator roller* atau alat pemadat lainnya pada setiap hamparan dengan ketebalan tanah tertentu

4 Ketentuan dan persyaratan

4.1 Peralatan dan perlengkapan

Peralatan yang diperlukan dalam pemasangan inklinometer ini harus memenuhi ketentuan dan persyaratan sebagai berikut.

- Mesin bor putar yang dapat membuat lubang dengan diameter antara 100 mm s.d. 200 mm.
- Pipa inklinometer dan penyambungannya harus mempunyai 4 alur yang saling berhadapan sebagai pengarah roda torpedo. Alur tersebut harus lurus sepanjang pipa sedemikian rupa sehingga gerak roda torpedo tidak terganggu. Pipa ini berdiameter luar antara 60 mm s.d. 86 mm dan panjang minimum 3000 mm, sedangkan pipa penyambung berdiameter luar antara 65 mm s.d. 91 mm dengan panjang 300 mm. Pipa inklinometer dan pipa penyambungannya harus terbuat dari bahan yang anti karat.
- Diameter dalam penutup pipa antara 60 mm s.d. 85 mm dengan panjang 85 mm.
- Pelindung terbuat dari besi yang terbuat dari bahan anti karat berukuran (200 x 200) mm dan tebal minimum 3 mm, atau plat penutup beton bertulang berukuran (300 x 300) mm tebal minimum 6 cm.
- Torpedo harus diletakan pada suatu tempat yang bebas dari getaran. Torpedo ini sangat peka sekali terhadap getaran dan tumbukan sehingga harus diperlakukan secara hati-hati terhadap getaran dari luar baik pada waktu penyimpanan maupun pengangkutan.
- Kabel torpedo dan alat penyambung terminal harus dijaga jangan sampai putus atau terganggu, dan kabel tidak boleh digulung lebih kecil dari diameter tempat penggulungannya. Kabel ini memiliki tanda setiap panjang 0,5 m.

- g) Alat baca elektrik harus disimpan di tempat yang kering.
- h) Paku keling harus terbuat dari bahan anti karat dengan ukuran yang sesuai dengan tebal pipa inklinometer dan penyambungannya.
- i) Pita penyambung kedap air harus terbuat dari bahan yang elastis dan dilapisi bahan anti bocor untuk mencegah masuk endapan atau pasta semen ke dalam pipa inklinometer.
- j) Alat-alat pembantu lain, misalnya semen, *waterpas* atau *theodolit*, roll meter ukuran 3,0 dengan ketelitian setiap 1,0 mm, baterai alat baca, dan lain-lain

4.2 Lubang bor

Lubang bor, baik yang vertikal maupun miring untuk penempatan pipa inklinometer harus lurus dan bagian terbawah harus mencapai lapisan yang relatif stabil (dianggap tidak bergerak) agar pipa inklinometer dapat terjepit.

4.3 Batasan sudut kemiringan pemasangan

Batasan sudut kemiringan pemasangan pipa pengantar sebesar 0° s.d. 15° terhadap garis vertikal dan tergantung dari keperluan.

4.4 Pemeliharaan peralatan instrumen

Untuk memiliki peralatan instrumen inklinometer yang selalu laik pakai dan selalu dalam kondisi siap pakai, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

- a) Unit alat baca yang meliputi torpedo, alat baca dan kabel pengukur digulung pada gulungannya dan unit alat baca harus dalam kondisi bersih dan disimpan pada tempat tertutup dan dalam kondisi kering.
- b) Secara berkala bersihkan torpedo dan ujung terminal kabel dengan lap kering yang beralkohol.
- c) Baterai alat baca agar selalu diisi bila voltase sudah berkurang.
- d) Torpedo beserta kabel secara satu kesatuan harus dikalibrasi sesuai ketentuan yang berlaku, termasuk ke empat roda torpedo yang harus dicek kelancaran perputaran roda tersebut dan diberi pelumas.

4.5 Keselamatan kerja

Selama melaksanakan kegiatan pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horisontal tanah, para pelaksana harus mengantisipasi hal-hal yang dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan, sesuai dengan petunjuk dan peraturan keselamatan kerja.

4.6 Petugas dan penanggung jawab

Nama dan tanda tangan para teknisi, pengawas, penanggung jawab yang kompetensi dari suatu instansi atau jasa konsultan lainnya yang melaksanakan pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horisontal tanah harus ditulis dengan jelas pada laporan dan formulir isian.

5 Cara pemasangan

5.1 Persiapan

Dalam kegiatan persiapan ini harus dilakukan sebagai berikut.

- a) Pengecekan kondisi unit bor mesin putar dan perlengkapannya.
- b) Pengecekan kondisi dan jumlah peralatan inklinometer yang akan dipasang.
- c) Kelengkapan gambar rencana pemasangan.
- d) Penyediaan formulir isian.
- e) Kalibrasi :
 - 1) Pasang pipa kalibrasi pada tembok atau kayu dengan kuat, sehingga pipa kalibrasi dalam posisi vertikal.
 - 2) Keluarkan torpedo dari tempatnya dan sambungkan melalui kabel ke alat baca.
 - 3) Masukkan torpedo ke dalam pipa kalibrasi, roda torpedo ditempatkan pada arah alur yang diukur.
 - 4) Gerakkan pipa kalibrasi yang berisi torpedo ke arah kiri pada sudut maksimum 30° .
 - 5) Lakukan pembacaan pada setiap interval sudut 5° atau 10° (tergantung dari interval sudut yang ada pada alat kalibrasi) dengan cara menggerakkan pipa kalibrasi ke kiri dan kanan sampai pipa kalibrasi berada pada posisi sudut maksimum 30° bagian kanan alat kalibrasi.
 - 6) Keluarkan torpedo dari pipa kalibrasi dan putar torpedo 180° .
 - 7) Masukkan torpedo ke dalam pipa kalibrasi dan tempatkan pipa kalibrasi pada sudut maksimum 30° di bagian kiri alat kalibrasi.
 - 8) Ulangi langkah 5) sampai dengan 7).
 - 9) Keluarkan torpedo, lepaskan kabel dan simpan ke dalam tempatnya.
 - 10) Hitung hasil pembacaan dan bandingkan dengan sinus sudut sebenarnya, apabila hasilnya lebih besar dari yang ditetapkan ($0,0005$ m), nilai selisihnya merupakan faktor koreksi terhadap hasil pembacaan.

Contoh hasil kalibrasi inklinometer dapat diperiksa pada Tabel B.1 Lampiran B.

5.2 Pemasangan

Sebelum melaksanakan pemasangan pipa inklinometer pada lubang bor dan pada urugan tanah harus dilakukan kegiatan persiapan sebagai berikut.

- a) Buat lubang dengan bantuan mesin bor putar, diameter lubang disesuaikan dengan diameter pipa inklinometer yang akan dipasang.
- b) Posisi mesin bor dan putaran mata bor harus dibuat sedemikian rupa sehingga dinding lubang bor lurus dan rata.
- c) Pasang pipa pelindung sampai pada kedalaman yang diperkirakan dinding lubang bor mengalami keruntuhan.
- d) Perkirakan kedalaman lubang bor, sehingga bagian bawah pipa inklinometer betul-betul terjepit pada lapisan yang stabil.
- e) Pastikan bagian bawah lubang telah memenuhi kemiringan yang direncanakan (pemasangan miring) atau vertikal (pemasangan vertikal).
- f) Tutup bagian bawah pipa inklinometer dengan alat penutup yang telah disediakan supaya bagian bawah pipa tidak terisi butiran tanah/batuan.

5.2.1 Pemasangan pada lubang bor

Lakukan pemasangan sebagai berikut.

- a) Masukkan dengan hati-hati ke dalam lubang bor sebatang pipa inklinometer dengan bagian bawahnya sudah dilengkapi dengan alat penutup.
- b) Apabila muka air tanah didalam lubang bor cukup tinggi sehingga menyulitkan pemasangan, isikan air ke dalam pipa inklinometer secukupnya untuk melawan gaya angkat air tanah tersebut.
- c) Sambung dengan pipa inklinometer berikutnya yang salah satu ujungnya telah disiapkan dengan pipa penyambung sedemikian rupa sehingga sambungan pipa memenuhi syarat yaitu 2 pipa yang di sambung tidak boleh bersinggungan dan mempunyai jarak 100 mm.
- d) Bagian pipa yang disambung harus ditutup dengan pita penyambung kedap air untuk mencegah masuknya partikel tanah atau material lainnya ke dalam pipa. Cara penyambungan dapat dilihat seperti pada Gambar A.4 Lampiran A.
- e) Apabila memungkinkan, lakukan penyambungan pipa inklinometer sebelum memasukan pipa inklinometer ini ke dalam lubang, hal ini tergantung pada panjangnya pipa yang dipasang dan kelengkapan alat bor yang dipakai.
- f) Tentukan posisi dan arah keempat alur sedemikian rupa sehingga memudahkan didalam evaluasi misalnya 2 alur yang saling berhadapan dipasang searah dan melintang suatu bangunan yang diamati atau disesuaikan dengan arah mata angin
- g) Atur dan potong pipa bagian atas sedemikian rupa untuk memudahkan penarikan pipa pelindung dari lubang bor; dan memudahkan pemasangan plat pelindung.
- h) .Angkat pipa pelindung tahap demi tahap dan isi celah antara pipa dan dinding lubang dengan bahan yang mempunyai sifat yang sama dengan jenis tanah/batuan sekeliling pipa inklinometer, yaitu:
 - 1) Lapisan batu, diisi dengan pasta semen bentonit.
 - 2) Lapisan tanah, diisi dengan pasta lempung.
 - 3) Lapisan batu bongkah, diisi dengan pasir campur kerikil.
- i) Pada pemasangan pipa inklinometer melalui lubang bor yang sangat dalam (lebih dari 25 m) perlu diperhatikan hal-hal berikut.
 - 1) Selama pemasangan pipa inklinometer diperlukan alat penjepit pada bagian atas pipa.
 - 2) Posisi keempat alur pada pipa harus dijaga tetap pada posisi yang dikehendaki, terlalu sering memutar pipa untuk menjaga posisi alur akan dapat membuat alur antara pipa-pipa yang disambung tidak menjadi lurus.
 - 3) Pengisian celah antara dinding lubang dan pipa harus dilakukan tahap demi tahap.
 - 4) Panas yang timbul sebagai akibat hidrasi semen dapat merubah bentuk pipa jika terbuat dari PVC, hal tersebut dapat dicegah dengan mengisi pipa PVC penuh dengan air.
 - 5) Selama pengisian celah tersebut posisi alur pipa mungkin berubah, pipa inklinometer harus segera diputar dengan hati-hati dan posisi alur ditempatkan pada posisi yang dikehendaki.
 - 6) Apabila celah antara pipa inklinometer dan dinding lubang diisi dengan pasta semen betonite tunggu sampai semen mengeras sekitar 48 jam.
- j) Periksa dan ukur posisi pipa inklinometer sesuai dengan yang dikehendaki (miring atau vertikal), tetapkan letak dan posisi yang dikehendaki.
- k) Ukur elevasi bagian atas dan bawah pipa inklinometer dengan alat ukur sipat datar/theodolit.

- l) Lakukan pengukuran awal, data ini sangat penting sebagai pembanding di dalam melakukan analisis dan evaluasi data.
- m) Tutup pipa inklinometer bagian atas dengan penutup yang telah disediakan dan lindungi dengan plat pelindung yang dapat dikunci untuk menghindari gangguan luar.
- n) Lakukan pengambilan foto seluruh pelaksanaan kegiatan sebagai dokumentasi pemasangan.

5.2.2 Pemasangan pada urugan tanah

Lakukan pemasangan sebagai berikut.

- a) Masukkan pipa inklinometer dengan bagian bawah yang telah ditutup dengan alat penutup secara hati-hati ke dalam lubang sampai ujung bawah pipa terletak didasar lubang dan ukur elevasi ujung bawah pipa.
- b) Apabila muka air tanah di dalam lubang bor cukup tinggi sehingga menyulitkan pemasangan pipa inklinometer, isikan air ke dalam pipa inklinometer secukupnya untuk melawan gaya angkat air tanah tersebut.
- c) Periksa kemiringan pipa dan tentukan ketepatan alur pada pipa inklinometer pada posisi yang dikehendaki.
- d) Isi celah antara pipa inklinometer dan dinding lubang dengan pasta semen bentonit dan tunggu sampai semen mengeras sekitar 48 jam.
- e) Tutup bagian atas pipa inklinometer selama menunggu pekerjaan penimbunan dan pemadatan tanah yang sedang berlangsung, hindari kerusakan pipa inklinometer terhadap benturan dari alat berat yang sedang bekerja dengan memasang rangka pengaman.
- f) Lakukan pengukuran awal, data ini sangat penting sebagai pembanding di dalam melakukan analisis dan evaluasi data.
- g) Apabila telah memungkinkan, sambung pipa yang telah tertanam dengan pipa berikutnya dengan pipa penyambung dan catat elevasi pipa penyambung;
- h) Apabila ternyata pipa inklinometer rusak akibat benturan atau tertabrak alat berat yang sedang bekerja potong dan segera sambung dengan pipa yang baru/baik dan catat elevasi penyambung tersebut.
- i) Apabila perlu, lakukan pembacaan dan pengukuran dengan memakai torpedo pada beberapa elevasi kemajuan penimbunan untuk memantau pergerakan urugan selama pelaksanaan.
- j) Lakukan langkah butiran c) dan d) sampai timbunan mencapai elevasi yang dikehendaki.
- k) Potong bagian atas pipa inklinometer secukupnya sehingga ujung pipa bagian atas terletak 3 cm s.d. 5 cm di atas muka tanah dan ukur elevasi bagian atas pipa.
- l) Lakukan pengukuran atau pembacaan dengan memakai torpedo dan alat bacanya.
- m) Tutup bagian atas pipa dengan penutup yang telah disediakan untuk menghindari kerusakan atau gangguan luar.
- n) Lakukan pengambilan foto seluruh pelaksanaan kegiatan sebagai dokumentasi pemasangan.

6 Pemantauan

Untuk menentukan kondisi dan keamanan suatu bangunan teknik sipil antara lain tubuh bendungan, tanggul, pangkal jembatan dan tembok penahan tanah akan diperlukan perilaku data pergerakan horisontal dari bangunan tersebut. Data pergerakan horisontal ini dapat diperoleh dengan mengukur pergerakan horisontal tubuh bangunan ini dengan menggunakan unit peralatan inklinometer. Data pergerakan horisontal yang baik tentu memerlukan cara pengukuran yang sesuai dengan tata cara yang ada.

Dalam pelaksanaan pemantauan ini akan melibatkan beberapa kegiatan yaitu pengukuran pergerakan horisontal tanah sesuai jadwal yang telah ditentukan sesuai dengan kondisi bangunan akibat beban yang terjadi maupun kemajuan pelaksanaan bangunan tersebut.

6.1 Prinsip pengukuran pergerakan horisontal

Unit peralatan inklinometer terdiri atas sebuah torpedo yang dilengkapi dengan roda dan *servo akselerometer* keseimbangan yang bekerja secara gravitasi serta memberikan reaksi bila dihubungkan dengan sumber baterai sehingga unit alat baca akan menghasilkan sudut antara sumbu vertikal torpedo dengan kemiringan sumbu alat torpedo. Dengan diketahui besarnya perubahan sudut kemiringan, $\delta\theta$ dan jarak antara bacaan atau panjang jarak as roda torpedo L maka akan diketahui besarnya perubahan pergerakan horisontal sumbu vertikal pipa inklinometer pada setiap jarak antara bacaan atau jarak as roda torpedo tersebut yaitu:

$$\delta S = L \sin \delta\theta \quad (1)$$

dengan demikian maka jumlah perubahan pergerakan horisontal pipa inklinometer yang terjadi dibagian paling atas pipa inklinometer merupakan jumlah perubahan pergerakan horisontal dari keseluruhan panjang pipa inklinometer tersebut yaitu dengan menggunakan persamaan :

$$S = \sum L \sin \delta\theta \quad (2)$$

dengan pengertian:

- L adalah jarak antara bacaan atau panjang antara as roda dari alat torpedo inklinometer
- θ adalah sudut yang ditentukan antara sumbu vertikal dengan sumbu alat torpedo
- s adalah jumlah pergerakan horisontal

Skema pengukuran pergerakan horisontal pipa inklinometer dapat dilihat pada Gambar A.4 pada Lampiran A.

6.2 Jadwal selang waktu pengukuran

Untuk memperoleh data pergerakan horisontal lapisan tanah bawah permukaan yang optimal harus dilaksanakan jadwal pelaksanaan pengukuran dengan menggunakan unit alat inklinometer sesuai jadwal yang telah ditentukan yang sudah dipengaruhi oleh berbagai kondisi antara lain faktor pelaksanaan, beban dan kondisi cuaca serta lingkungan seperti terjadinya gempa.

Jadwal selang waktu pengukuran disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Jadwal selang waktu pengukuran

| No | Kondisi/keadaan bangunan | Selang waktu pembacaan, setiap |
|----|--|------------------------------------|
| 1 | Selama pembangunan | 2 hari |
| 2 | Setelah penambahan beban atau beban luar mulai bekerja | 1 minggu |
| 3 | Selama penundaan pembangunan | 2 minggu |
| 4 | Akibat beban tetap dalam waktu lama | 6 bulan |
| 5 | Keadaan khusus karena beban berkurang tiba-tiba, gempa dan lainnya | Sesuai dengan petunjuk tenaga ahli |

Berdasarkan tabel jadwal selang waktu pengukuran tersebut di atas maka waktu pengukuran akan memperoleh hasil pengukuran yang akan berbeda sesuai dengan perubahan pergerakan horisontal lapisan tanah bawah permukaan tersebut.

6.3 Prosedur pengukuran

6.3.1 Persiapan

Pekerjaan persiapan harus dilaksanakan sebagai berikut.

- Mempelajari peta lokasi titik penempatan instrumen.
- Penyediaan formulir pengukuran.
- Pengecekan unit alat baca, yang meliputi kondisi baterai, as roda torpedo, per as roda torpedo, soket kabel torpedo.
- Hubungkan kabel dengan torpedo dan kabel dengan alat baca, pastikan bahwa kabel telah tersambung dengan baik ke alat baca sehingga tidak akan terjadi kebocoran yang mengakibatkan masuknya air ke dalam kabel ini.
- Periksa apakah seluruh sistem alat baca, kabel dan torpedo sudah bekerja dengan baik yaitu alat baca memberikan angka yang berubah-ubah sesuai pergerakan torpedo.

6.3.2 Pelaksanaan pengukuran pada lubang bor

Beberapa kegiatan pelaksanaan pengukuran pergerakan horisontal dengan menggunakan peralatan unit inklinometer sebagai berikut.

- Siapkan formulir pengukuran dan isi formulir dengan menggunakan data yang telah ada yaitu:
 - Nama petugas, pengawas dan penanggung jawab.
 - Lokasi, jenis bangunan dan tanggal pengukuran.
 - Nomor dan kode pipa inklinometer
 - Cuaca.
- Buka penutup pipa inklinometer dan beri tanda pada setiap alur pipa inklinometer bagian atas (Alur A, B, C dan D), lihat Gambar A.4 pada lampiran A.
- Tempatkan unit inklinometer di atas pipa inklinometer yang akan diukur pergerakan horisontal.
- Masukan *probe* torpedo ke dalam lubang pipa inklinometer sehingga roda torpedo masuk kedalam salah satu alur yang ada dan turunkan ke bawah perlahan-lahan, hingga *probe* torpedo mencapai dasar lubang pipa inklinometer.

- e) Ukur kedalaman pipa inklinometer dengan mencatat panjang kabel torpedo mulai dari dasar pipa inklinometer hingga bagian atas pipa inklinometer.
- f) Baca alat baca inklinometer dan isikan angka hasil pembacaan pada kolom untuk jalur A.
- g) Tarik kabel inklinometer ke atas perlahan-lahan, baca dan catat angka pergerakan horisontal pada saat tanda kabel menyentuh sisi pipa inklinometer bagian atas, selanjutnya baca dan catat angka pergerakan hingga selesai pada setiap 0,5 m interval kedalaman.
- h) Lakukan pengukuran pergerakan horisontal pada alur B yang berada berlawanan dari alur A dan cara yang sama untuk alur C dan D dengan mengulang tahapan d) s.d. g). Untuk pengukuran selanjutnya memasukan roda torpedo ke dalam alur pipa inklinometer harus tetap posisinya, jadi roda torpedo yang sama harus masuk ke dalam alur yang sama pula.
- i) Untuk pengukuran pergerakan horisontal pipa inklinometer pada lubang bor yang sudah selesai tutup kembali penutup dan pelindung pipa inklinometer.
- j) Bersihkan seluruh peralatan unit inklinometer, dan lepaskan hubungan kabel yang ada.
- k) Periksa dan simpan unit inklinometer pada tempat yang tertutup agar bebas dari debu.

6.3.3 Pelaksanaan pengukuran pada urugan tanah

Pelaksanaan pengukuran pergerakan horisontal dengan menggunakan peralatan unit inklinometer pada urugan tanah hampir sama dengan pelaksanaan pengukuran pada pipa inklinometer yang dipasang dalam lubang bor.

Perbedaan pelaksanaan pengukuran pergerakan horisontal lapisan bawah permukaan melalui pemasangan pipa inklinometer pada lubang bor dengan pemasangan pada urugan tanah adalah pemasangan pipa inklinometer pada urugan tanah masih memerlukan kegiatan penyambungan pipa inklinometer hingga tinggi urugan tanah dicapai sesuai tinggi urugan tanah yang direncanakan, sehingga pemasangan penutup dan pelindung pipa inklinometer akan dilaksanakan setelah pekerjaan urugan tanah selesai.

Namun demikian, untuk lebih jelasnya pengukuran pipa inklinometer pada urugan tanah, meliputi beberapa kegiatan seperti berikut.

- a) Lakukan tahapan kegiatan sub-sub pasal 6.3.2 a) s.d h).
- b) Sambung pipa inklinometer dengan pipa penyambung inklinometer bila diperlukan.
- c) Tutup kembali lubang pipa inklinometer dan pasang kembali rangka pengaman untuk melindungi pipa inklinometer dari kerusakan yang diakibatkan oleh benturan alat berat atau truk pada saat melakukan kegiatan.
- d) Pelaksanaan pengukuran pergerakan horisontal secara berulang a) sampai dengan c), hingga mencapai tinggi urugan tanah yang diinginkan dan pasang penutup dan pelindung pipa inklinometer bagian atas serta tentukan elevasi bagian atas pipa inklinometer dengan menggunakan alat sipat datar atau *theodolit*.
- e) Bersihkan seluruh peralatan unit inklinometer dan lepaskan hubungan kabel yang ada.
- f) Simpan unit inklinometer di tempat yang tertutup agar bebas dari debu.

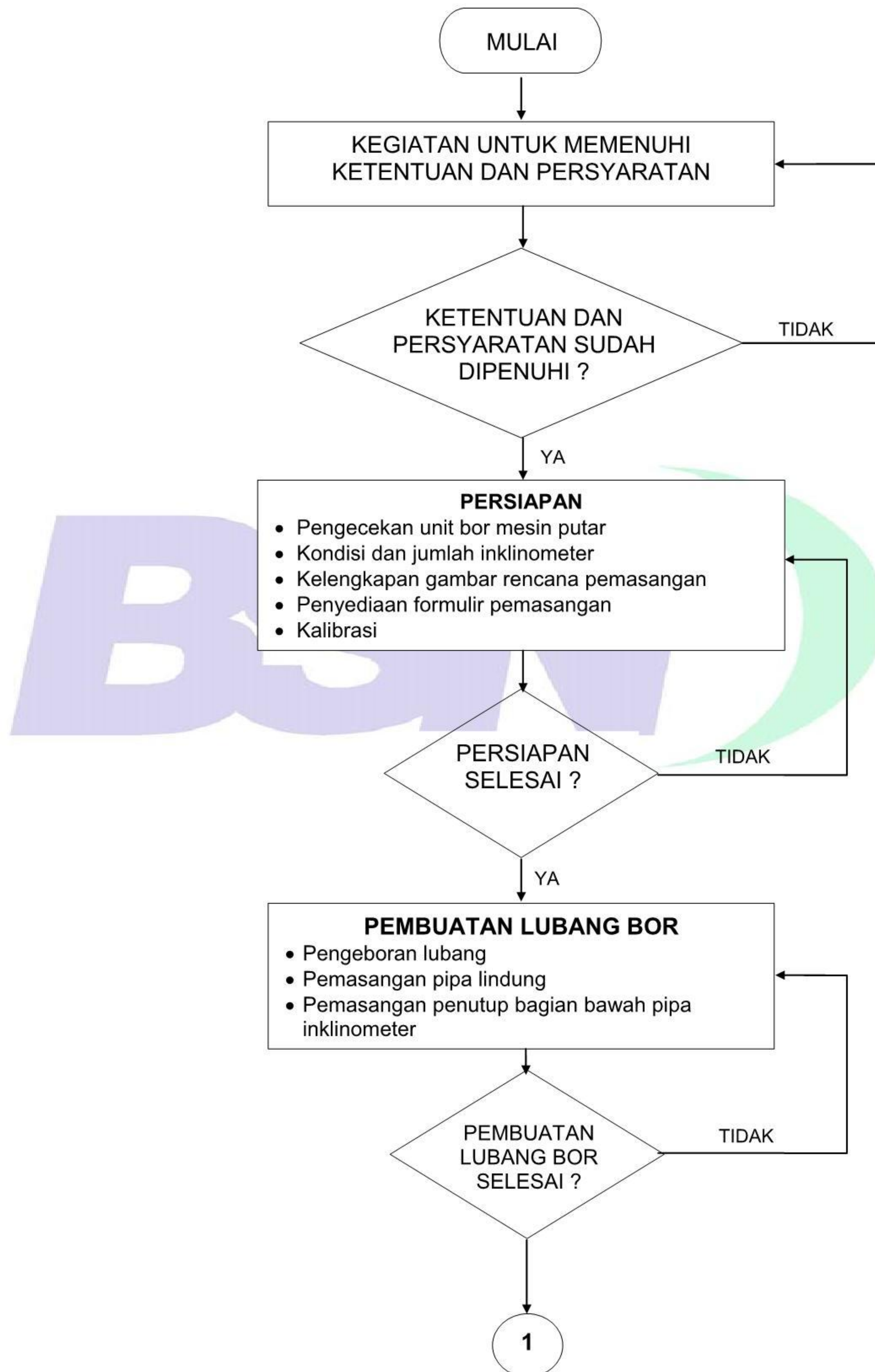
7 Laporan pemasangan dan pemantauan

Laporan pekerjaan pemasangan dan pemantauan pergerakan horisontal tanah lapisan bawah permukaan dengan menggunakan alat unit inklinometer berisikan sebagai berikut.

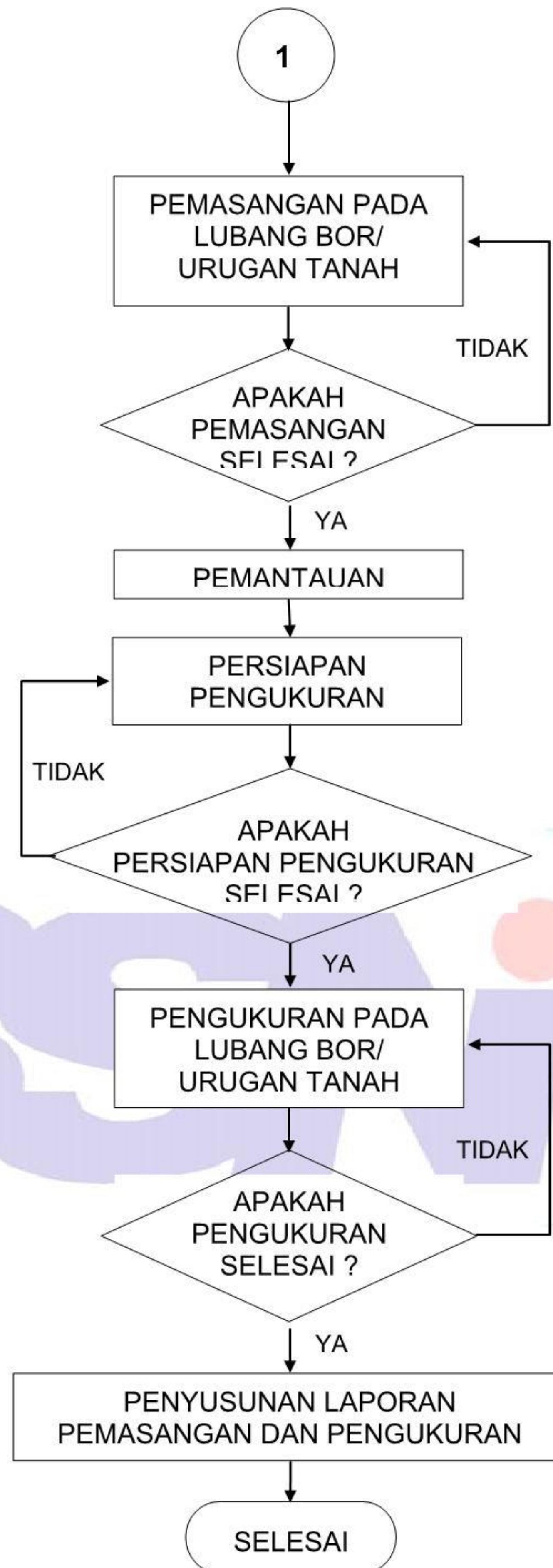
- a) Nama pekerjaan, lokasi, tanggal dan waktu pengukuran termasuk nama petugas dan penanggung jawab.
- b) Peta pemasangan dan nomor serta kode pipa inklinometer termasuk gambar potongan melintang bangunan.
- c) Jenis perlapisan tanah di lokasi titik inklinometer.
- d) Uraian kegiatan pemasangan termasuk cuaca.
- e) Elevasi bagian atas pipa inklinometer.
- f) Hasil pembacaan awal.
- g) Foto kegiatan pemasangan dan pemantauan.
- h) Hasil pengukuran pergerakan horisontal termasuk pencatatan kondisi cuaca, dapat dilihat pada Tabel B.2 Lampiran B.
- i) Hasil pemantauan antara lain.
 - 1) Data pengukuran pergerakan horisontal.
 - 2) Grafik hubungan antara pergerakan horisontal lapisan bawah permukaan dengan kedalaman.
 - 3) Deformasi/pergerakan horisontal tanah/batuan terhadap waktu pada penampang memanjang.

Lampiran A
(informatif)

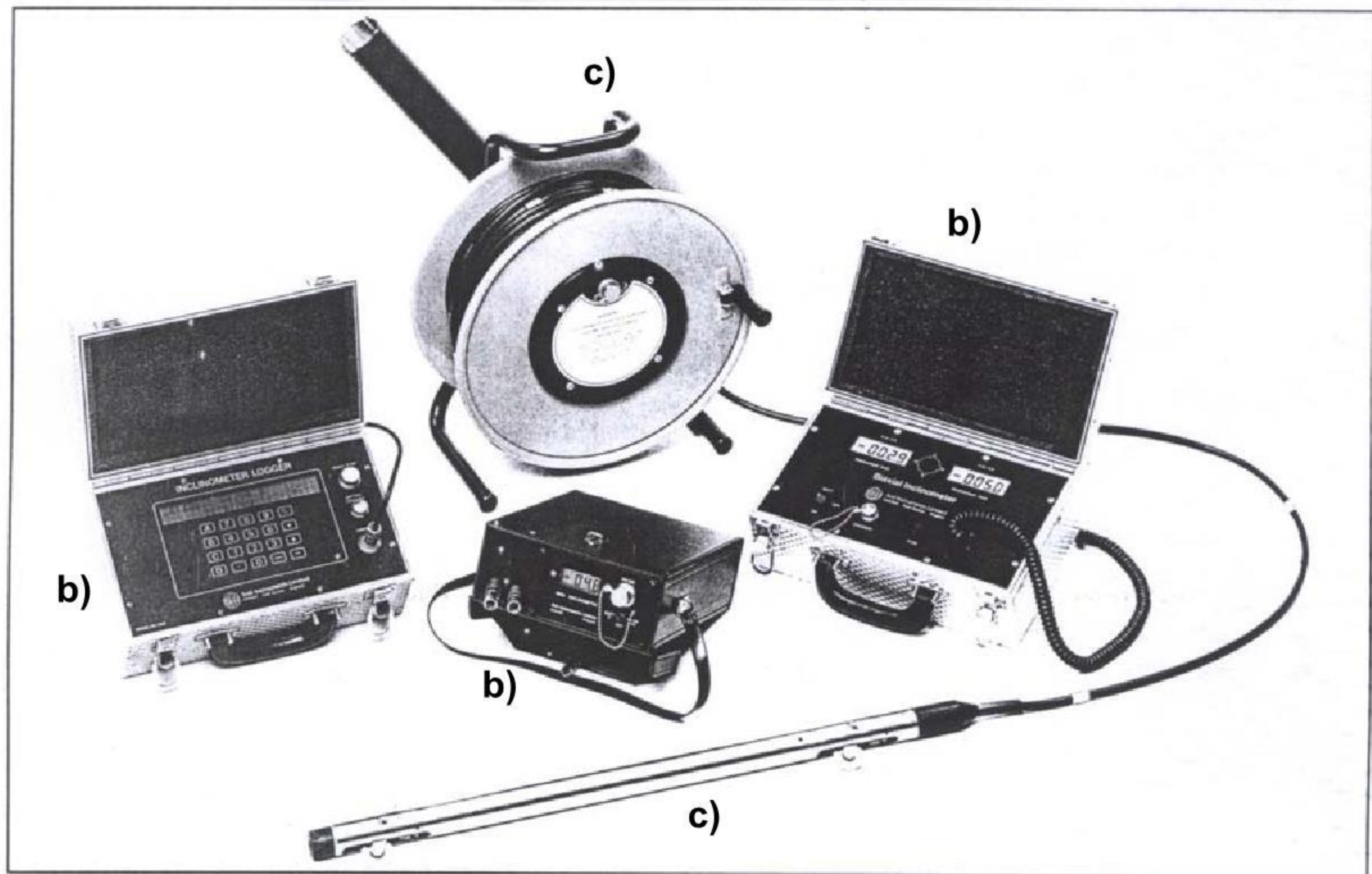
Gambar-gambar



Gambar A.1 Bagan alir tata cara pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horizontal tanah/batuan



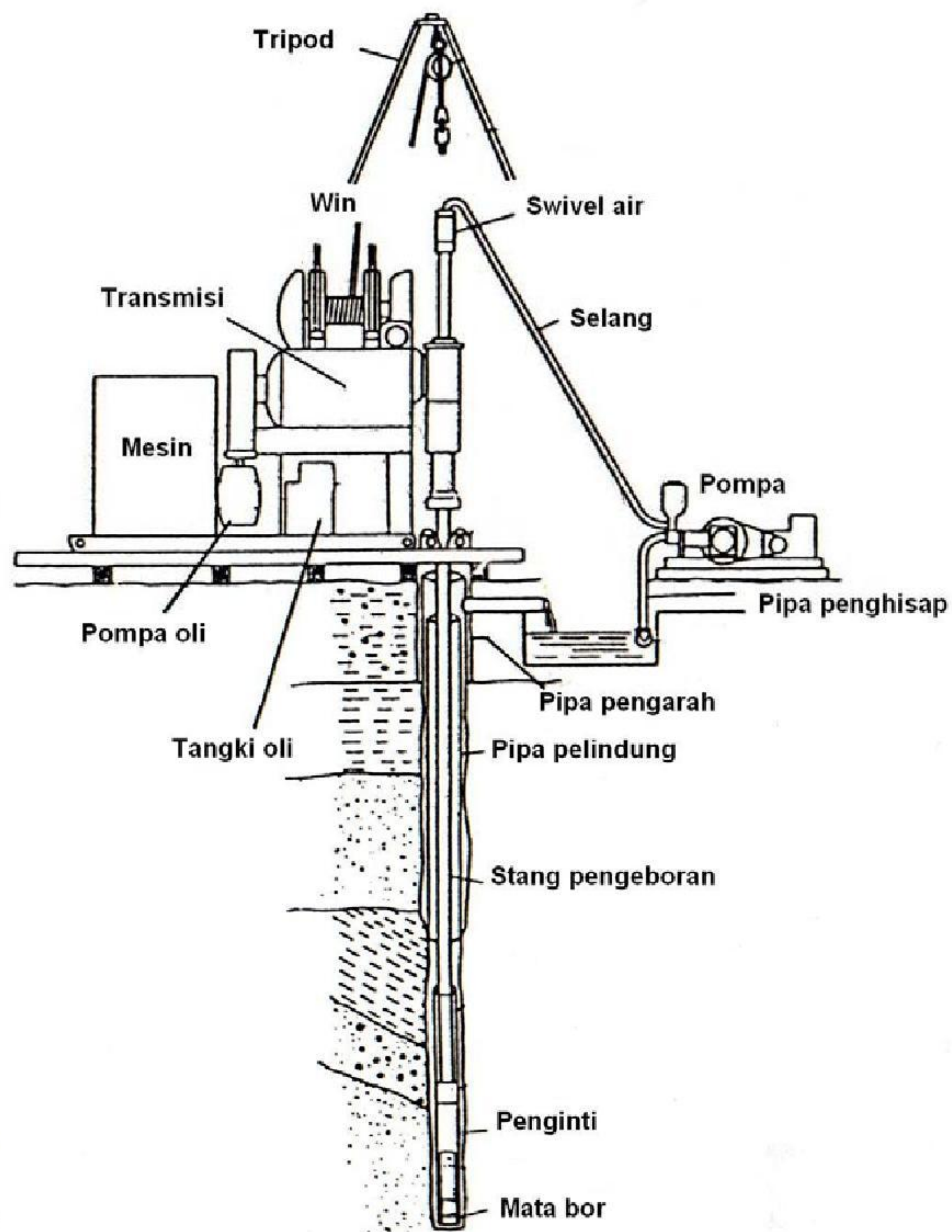
Gambar A.1 Bagan alir tata cara pemasangan inklinometer dan pemantauan pergerakan horisontal tanah/batuan (lanjutan)



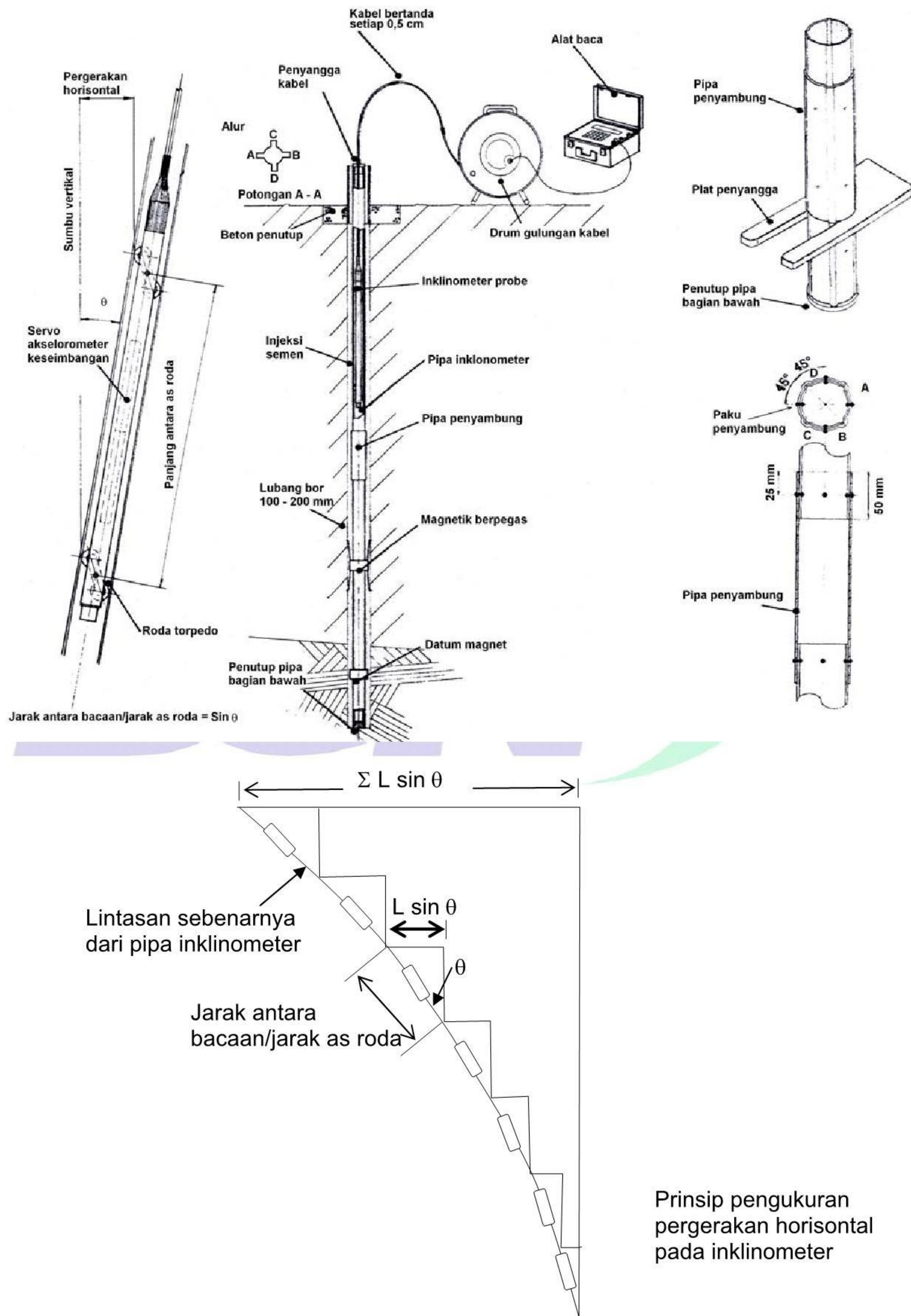
Keterangan gambar :

- a) Torpedo inklinometer
- b) Alat baca inklinometer
- c) Gulungan kabel inklinometer

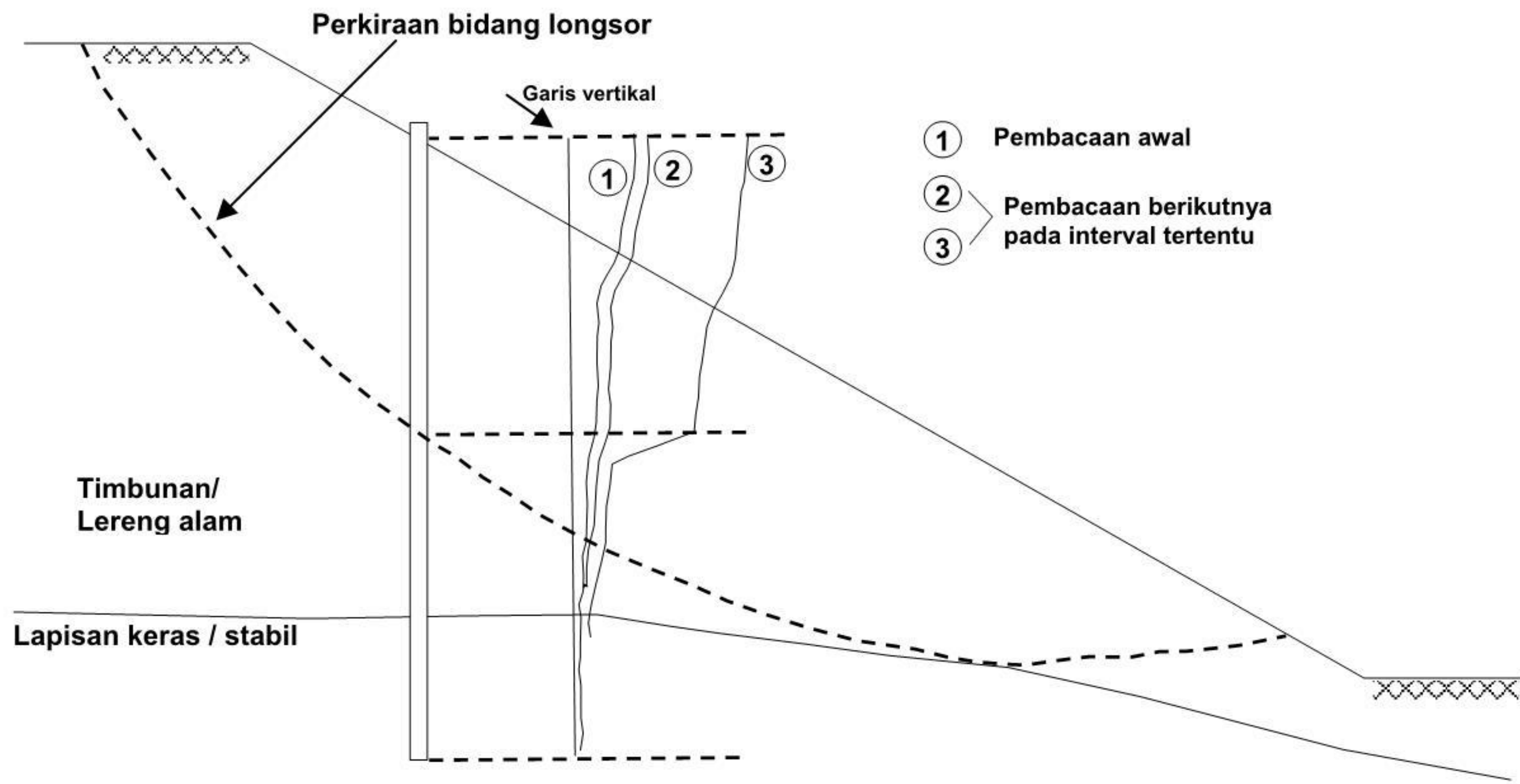
Gambar A.2 Unit alat baca inklinometer



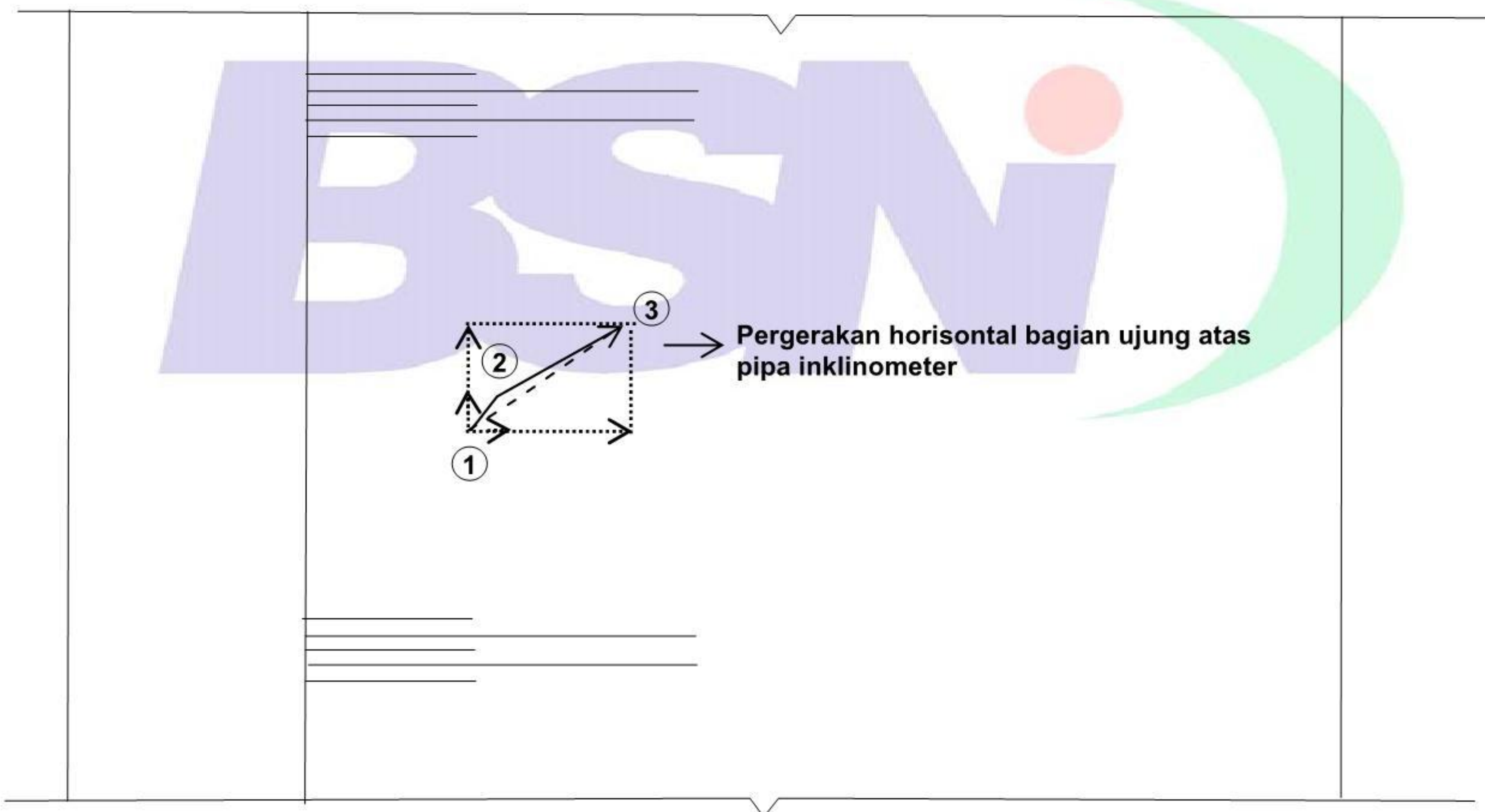
Gambar A.3 Sketsa pelaksanaan pengeboran dengan mesin bor putar



Gambar A.4 Sketsa pemasangan pipa inklinometer dan pengukuran pergerakan horizontal



a) Potongan mlintang timbunan/lereng alam



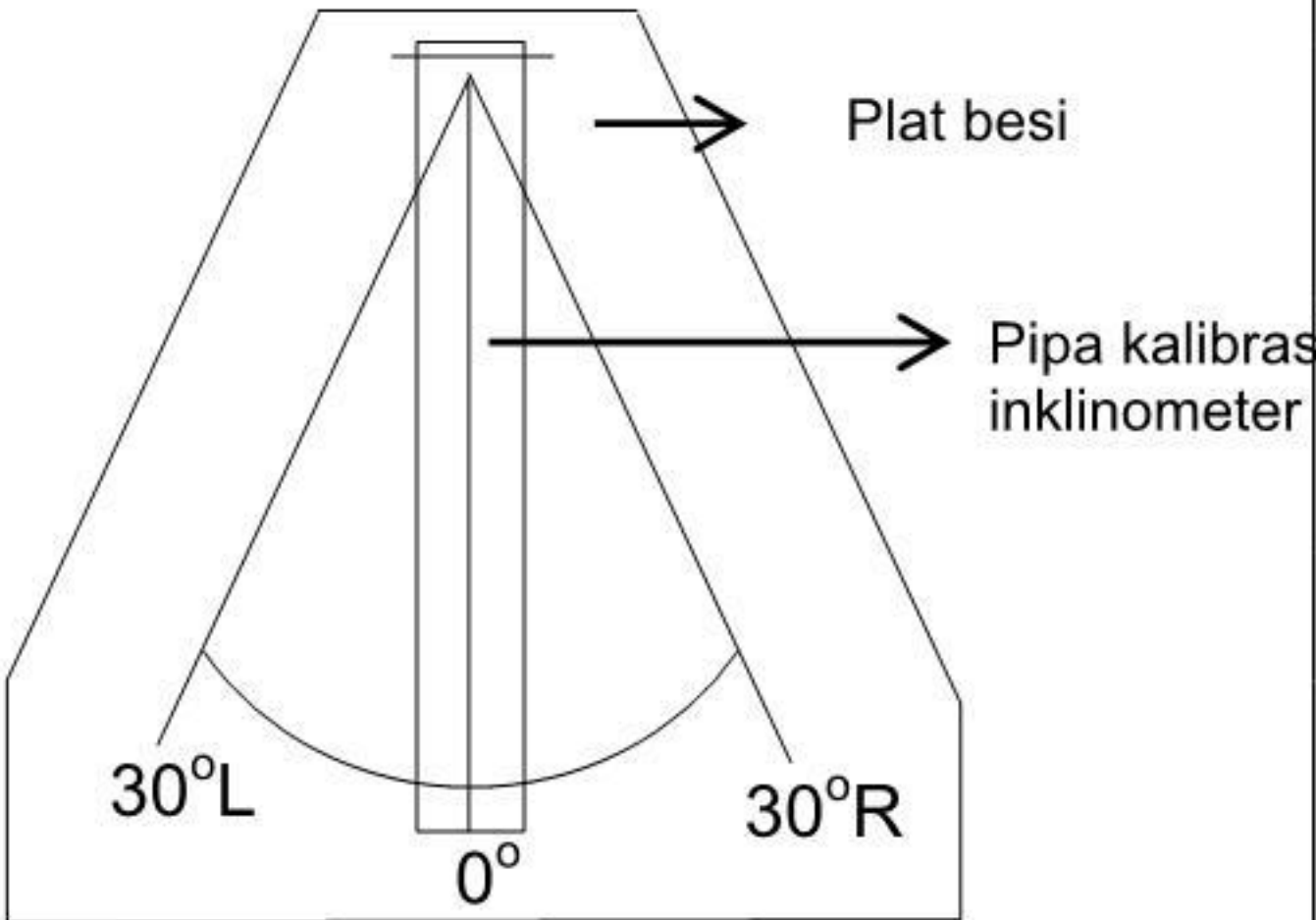
b) Tampak atas timbunan/lereng alam

Gambar A.5 Sketsa prinsip pengukuran pergerakan horisontal

Lampiran B (informatif)

Tabel formulir isian dan grafik hasil pengukuran

Tabel B.1 Contoh hasil kalibrasi inklinometer

| Torpedo no. : 544 Alur : A / B Tanggal : 14 Juni 2003 Petugas : Budi Santosa Diperiksa : Achmad Taufik, ST Penanggung Jawab : Djoko Mudjihardjo, ME. | | | |  | | |
|---|--------------------|-------------------|------------------|--|------------------|-------------|
| | | | | ALAT KALIBRASI | | |
| SUDUT (°) | ALUR KANAN R | ALUR KIRI L | SELISIH R – L | DEVIASI RATA-RATA | DEVIASI SIN θ | KOREKSI |
| (1) | (2) | (3) | (4)=(2)+(3) | (5)= $\frac{(2) - (3)}{2}$ | (6) | (7)=(5)-(6) |
| 30 L | + 0,50005 | - 0,50005 | 0 | + 0,50005 | + 0,50000 | + 5 |
| 25 L | + 0,42259 | - 0,42265 | - 6 | + 0,42262 | + 0,42262 | 0 |
| 20 L | + 0,34203 | - 0,34211 | - 5 | + 0,34207 | 0,34202 | + 5 |
| 15 L | + 0,25475 | - 0,25888 | - 10 | + 0,25883 | + 0,25882 | + 1 |
| 10 L | + 0,17360 | - 0,17372 | - 12 | + 0,17366 | + 0,17365 | + 1 |
| 5 L | + 0,08708 | - 0,8718 | - 10 | + 0,08713 | + 0,08716 | - 3 |
| 0 | - 0,00010 | - 0,00003 | - 13 | - 0,00004 | 0,00000 | - 4 |
| 5 R | - 0,08728 | + 0,08717 | - 11 | - 0,08723 | - 0,08716 | - 7 |
| 10 R | - 0,17364 | + 0,17364 | - 12 | - 0,17370 | - 0,17365 | - 5 |
| 15 R | - 0,25494 | + 0,25482 | - 12 | - 0,25888 | - 0,25882 | - 6 |
| 20 R | - 0,34210 | + 0,34198 | - 12 | - 0,34204 | - 0,34202 | - 2 |
| 25 R | - 0,42270 | + 0,42262 | - 8 | - 0,42266 | - 0,42262 | - 4 |
| 30 R | - 0,50003 | + 0,49998 | - 5 | - 0,50001 | 0,50000 | - 1 |

Tabel B.2 Contoh pengukuran pergerakan horizontal

Proyek : Peningkatan Bendungan Manggar
 Lokasi : Balikpapan Kalimantan Timur
 Letak : Tubuh Bendungan Manggar
 Pipa inklinometer no : I.1 (STA 14+14.34)

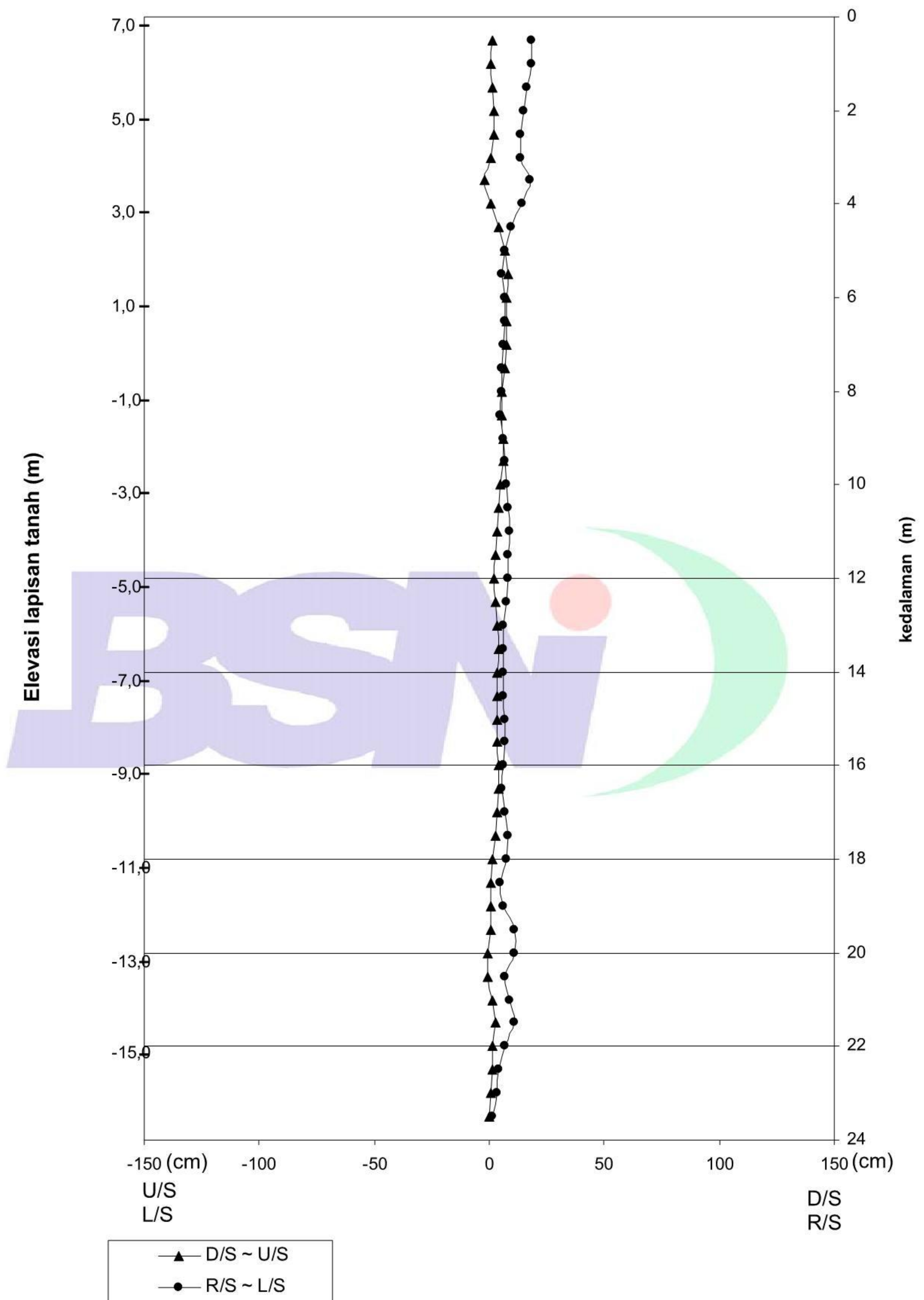
Tinggi pipa : +4.00 m diatas permukaan
 Elevasi pipa : +10.782 m
 Tanggal : 5 Juli 2003

| kedalaman (m) | Deviasi | | | | | | Aval Dev (kum) (cm) | US-DS Pergerakan (cm) | Deviasi | | | | | | Aval Dev (kum) (cm) | LS-RS Pergerakan (cm) |
|------------------|-------------|------------------------------|-------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|---------------------------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | Alur A | | Alur B | | Rata-rata | | | | Alur C | | Alur D | | Rata-rata | | | |
| | Ind (cm) | Kum (cm) | Ind (cm) | Kum (cm) | Ind (cm) | Kum (cm) | | | Ind (cm) | Kum (cm) | Ind (cm) | Kum (cm) | Ind (cm) | Kum (cm) | | |
| (1) | (2) | (3)= (3)+(2) _j | (4) | (5)= (5)+(4) _j | (6)=1/2 {(2)+(4) _j } | (7)= (7)+(6) _j | (8) | (9)= (7)-(8) | (10) | (11)= (11)+(10) _j | (12) | (13)= (13)+(12) _j | (14)=1/2 {(10)+(12) _j } | (15)= (15)+(14) _j | (16) | (17)= (15)-(16) |
| 22,5 | 1,6 | 1,6 | -16,3 | -16,3 | 9,0 | 9,0 | 16,8 | -7,8 | 0,7 | 0,7 | -6,8 | -6,8 | 3,8 | 3,8 | 7,4 | -3,6 |
| 22,0 | 1,8 | 3,4 | -17,9 | -34,2 | 9,8 | 18,8 | 35,2 | -16,4 | 0,9 | 1,6 | -8,4 | -15,2 | 4,6 | 8,4 | 16,4 | -8,0 |
| 21,5 | 2,1 | 5,5 | -20,7 | -54,9 | 11,4 | 30,2 | 54,4 | -24,2 | 0,9 | 2,5 | -8,5 | -23,7 | 4,7 | 13,1 | 26,0 | -12,9 |
| 21,0 | 1,9 | 7,4 | -18,5 | -73,4 | 10,2 | 40,4 | 72,8 | -32,4 | 1,0 | 3,5 | -9,6 | -33,3 | 5,3 | 18,4 | 36,0 | -17,6 |
| 20,5 | 1,7 | 9,0 | -16,9 | -90,3 | 9,3 | 49,7 | 88,8 | -39,1 | 1,0 | 4,5 | -9,4 | -42,7 | 5,2 | 23,6 | 45,8 | -22,2 |
| 20,0 | 1,2 | 10,2 | -11,9 | -102,2 | 6,5 | 56,2 | 99,3 | -43,1 | 0,8 | 5,3 | -7,6 | -50,3 | 4,2 | 27,8 | 53,2 | -25,4 |
| 19,5 | 0,6 | 10,9 | -6,3 | -108,5 | 3,5 | 59,7 | 105,2 | -45,5 | 0,5 | 5,8 | -5,1 | -55,4 | 2,8 | 30,6 | 58,8 | -28,2 |
| 19,0 | 0,4 | 11,2 | -3,6 | -112,1 | 2,0 | 61,7 | 109,0 | -47,3 | 0,4 | 6,2 | -3,3 | -58,7 | 1,8 | 32,4 | 63,8 | -31,4 |
| 18,5 | 0,3 | 11,5 | -3,0 | -115,1 | 1,7 | 63,3 | 111,4 | -48,1 | 0,7 | 6,8 | -6,2 | -64,9 | 3,4 | 35,9 | 68,9 | -33,0 |
| 18,0 | 0,0 | 11,6 | -0,4 | -115,5 | 0,2 | 63,5 | 112,0 | -48,5 | 0,5 | 7,4 | -4,9 | -69,8 | 2,7 | 38,6 | 73,4 | -34,8 |
| 17,5 | 0,0 | 11,5 | 0,3 | -115,2 | -0,2 | 63,4 | 110,6 | -47,2 | 0,4 | 7,7 | -3,3 | -73,1 | 1,8 | 40,4 | 76,9 | -36,5 |
| 17,0 | -0,3 | 11,2 | 3,3 | -111,9 | -1,8 | 61,5 | 107,4 | -45,9 | 0,3 | 8,1 | -3,0 | -76,1 | 1,7 | 42,1 | 78,9 | -36,8 |
| 16,5 | -0,5 | 10,7 | 5,1 | -106,8 | -2,8 | 58,7 | 102,5 | -43,8 | 0,2 | 8,2 | -1,6 | -77,7 | 0,9 | 43,0 | 80,4 | -37,4 |
| 16,0 | -0,4 | 10,3 | 4,2 | -102,6 | -2,3 | 56,4 | 99,7 | -43,3 | 0,2 | 8,4 | -1,7 | -79,4 | 1,0 | 43,9 | 82,5 | -38,6 |
| 15,5 | -0,5 | 9,7 | 5,2 | -97,4 | -2,9 | 53,6 | 93,6 | -40,0 | 0,0 | 8,5 | -0,1 | -79,5 | 0,1 | 44,0 | 85,0 | -41,0 |
| 15,0 | -0,7 | 9,1 | 6,5 | -90,9 | -3,6 | 50,0 | 86,2 | -36,2 | 0,5 | 8,9 | -4,2 | -83,7 | 2,3 | 46,3 | 87,0 | -40,7 |
| 14,5 | -0,7 | 8,3 | 7,4 | -83,5 | -4,1 | 45,9 | 79,4 | -33,5 | -0,4 | 8,6 | 4,1 | -79,6 | -2,2 | 44,1 | 87,0 | -42,9 |
| 14,0 | -0,6 | 7,7 | 6,0 | -77,5 | -3,3 | 42,6 | 73,8 | -31,2 | -0,5 | 8,1 | 5,3 | -74,3 | -2,9 | 41,2 | 85,8 | -44,6 |
| 13,5 | -0,5 | 7,2 | 5,3 | -72,2 | -2,9 | 39,7 | 68,2 | -28,5 | 0,0 | 8,1 | 0,5 | -73,8 | -0,3 | 40,9 | 83,2 | -42,3 |
| 13,0 | -0,5 | 6,7 | 4,7 | -67,5 | -2,6 | 37,1 | 62,3 | -25,2 | -0,3 | 7,8 | 2,9 | -70,9 | -1,6 | 39,4 | 79,9 | -40,5 |
| 12,5 | -0,6 | 6,2 | 5,5 | -62,0 | -3,0 | 34,1 | 56,2 | -22,1 | -0,3 | 7,5 | 3,1 | -67,8 | -1,7 | 37,7 | 76,0 | -38,3 |
| 12,0 | -0,4 | 5,8 | 3,7 | -58,3 | -2,0 | 32,0 | 49,8 | -17,8 | -0,4 | 7,2 | 4,2 | -63,6 | -2,3 | 35,4 | 72,0 | -36,6 |
| 11,5 | -0,6 | 5,2 | 5,7 | -52,6 | -3,1 | 28,9 | 42,7 | -13,8 | -0,5 | 6,7 | 5,2 | -58,4 | -2,8 | 32,5 | 68,2 | -35,7 |
| 11,0 | -1,0 | 4,3 | 9,6 | -43,0 | -5,3 | 23,6 | 34,4 | -10,8 | -0,3 | 6,4 | 3,1 | -55,3 | -1,7 | 30,9 | 66,0 | -35,1 |
| 10,5 | -1,1 | 3,2 | 10,6 | -32,4 | -5,8 | 17,8 | 25,6 | -7,8 | 0,0 | 6,5 | 0,0 | -55,3 | 0,0 | 30,9 | 65,7 | -34,8 |
| 10,0 | -1,1 | 2,1 | 10,9 | -21,5 | -6,0 | 11,8 | 16,4 | -4,6 | -0,1 | 6,4 | 1,2 | -54,1 | -0,6 | 30,2 | 66,0 | -35,8 |
| 9,5 | -1,3 | 0,8 | 12,9 | -8,6 | -7,1 | 4,7 | 6,7 | -2,0 | 0,4 | 6,8 | -3,4 | -57,5 | 1,9 | 32,1 | 67,2 | -35,1 |
| 9,0 | -1,7 | -0,8 | 16,6 | 8,0 | -9,1 | -4,4 | -3,6 | -0,8 | 1,4 | 8,2 | -13,2 | -70,7 | 7,3 | 39,4 | 70,0 | -30,6 |
| 8,5 | -1,6 | -2,4 | 15,6 | 23,6 | -8,6 | -13,0 | -15,7 | 2,7 | 0,6 | 8,7 | -5,5 | -76,2 | 3,0 | 42,5 | 72,4 | -29,9 |
| 8,0 | -2,4 | -4,8 | 23,8 | 47,4 | -13,1 | -26,1 | -30,4 | 4,3 | -0,4 | 8,4 | 3,5 | -72,7 | -1,9 | 40,5 | 71,0 | -30,5 |
| 7,5 | -3,7 | -8,6 | 37,4 | 84,8 | -20,6 | -46,7 | -46,4 | -0,3 | 0,2 | 8,6 | -1,2 | -73,9 | 0,7 | 41,2 | 68,0 | -26,8 |
| 7,0 | -3,1 | -11,7 | 31,3 | 116,1 | -17,2 | -63,9 | -62,9 | -1,0 | -0,2 | 8,4 | 2,0 | -71,9 | -1,1 | 40,2 | 66,0 | -25,8 |
| 6,5 | -1,8 | -13,5 | 17,8 | 133,9 | -9,8 | -73,7 | -79,4 | 5,7 | -0,8 | 7,6 | 8,5 | -63,4 | -4,7 | 35,5 | 65,1 | -29,6 |
| 6,0 | -2,1 | -15,6 | 21,4 | 155,3 | -11,8 | -85,5 | -95,1 | 9,6 | -0,5 | 7,1 | 6,2 | -57,2 | -3,4 | 32,1 | 65,2 | -33,1 |
| 5,5 | -2,5 | -18,1 | 25,0 | 180,3 | -13,8 | -99,2 | -109,6 | 10,4 | 0,0 | 7,1 | -0,2 | -57,4 | 0,1 | 32,3 | 66,9 | -34,6 |
| 5,0 | -3,0 | -21,1 | 29,9 | 210,2 | -16,4 | -115,7 | -124,0 | 8,3 | 1,1 | 8,2 | -9,9 | -67,3 | 5,5 | 37,7 | 72,6 | -34,9 |
| 4,5 | -2,9 | -24,0 | 28,8 | 239,0 | -15,8 | -131,5 | -137,1 | 5,6 | 0,8 | 9,0 | -7,6 | -74,9 | 4,2 | 42,0 | 79,4 | -37,4 |
| 4,0 | -1,5 | -25,5 | 14,7 | 253,7 | -8,1 | -139,6 | -148,6 | 9,0 | 0,8 | 9,9 | -8,0 | -82,9 | 4,4 | 46,4 | 89,7 | -43,3 |
| 3,5 | -1,4 | -26,9 | 14,2 | 267,9 | -7,8 | -147,4 | -154,0 | 6,6 | 1,8 | 11,6 | -17,2 | -100,1 | 9,5 | 55,9 | 101,8 | -45,9 |
| 3,0 | -1,7 | -28,6 | 16,7 | 284,6 | -9,2 | -156,6 | -163,8 | 7,2 | 1,8 | 13,4 | -17,4 | -117,5 | 9,6 | 65,5 | 118,6 | -53,1 |
| 2,5 | -1,6 | -30,1 | 15,4 | 300,0 | -8,5 | -165,1 | -174,0 | 8,9 | 2,0 | 15,4 | -19,3 | -136,8 | 10,6 | 76,1 | 136,8 | -60,7 |
| 2,0 | -1,8 | -31,9 | 17,3 | 317,3 | -9,5 | -174,6 | -183,4 | 8,8 | 2,8 | 18,2 | -27,7 | -164,5 | 15,3 | 91,3 | 158,7 | -67,4 |
| 1,5 | -3,1 | -35,0 | 31,7 | 349,0 | -17,4 | -192,0 | -196,0 | 4,0 | 3,6 | 21,8 | -34,9 | -199,4 | 19,3 | 110,6 | 181,8 | -71,2 |
| 1,0 | -4,3 | -39,3 | 42,7 | 391,7 | -23,5 | -215,5 | -232,2 | 16,7 | 1,9 | 23,7 | -18,6 | -218,0 | 10,3 | 120,9 | 201,8 | -80,9 |
| 0,5 | -4,2 | -43,4 | 41,5 | 433,2 | -22,8 | -238,3 | -269,4 | 31,1 | 0,6 | 24,3 | -6,1 | -224,1 | 3,4 | 124,2 | 210,0 | -85,8 |

Catatan:

Quaca : Cerah
 Ind : Pembacaan indikator
 Kum : Pembacaan kumulatif
 Dev : Pergerakan/deviasi
 US & DS : Lereng hulu (upstream) & lereng hilir (downstream)
 L/S & R/S : Tumpuan kiri (leftside) dan Tumpuan kanan (rightside)

| Pengawas lapangan | Konsultan | Kontraktor |
|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Ir. Agus | PT. Indra Karya Hardjito, BE | PT. Nirdya karya Ir. Arief |



Gambar B.1 Contoh grafik hasil pengukuran pergerakan horosontal

Lampiran C
(informatif)

Tabel C.1 Daftar deviasi teknis dan penjelasannya

| No. | Materi | Sebelum | Revisi |
|-----|---|--------------------------------|--|
| 1 | Format | Tanpa format acuan | Perubahan format dan layout SNI sesuai BSN No. 8 Tahun 2000 |
| 2 | Istilah dan definisi | Masih kurang lengkap | Penambahan beberapa istilah dan definisi: alat baca; batuan; inklinometer; pasta semen; pipa inklinometer; tanah; torpedo dan urugan tanah |
| 3 | - Persyaratan dan ketentuan - Cara pengujian | Masih kurang lengkap | Penambahan dan perubahan beberapa materi diantaranya Persyaratan dan Ketentuan (Pasal 4) dan Cara Pemasangan (Pasal 5) |
| 4 | Rumus | Penjelasan rumus masih kurang | Penambahan rumus (Rumus 1 dan 2) |
| 5 | Bagan Alir | Tidak ada | Pembuatan Bagan alir (Lampiran A) |
| 6 | Gambar | Tidak ada | Penambahan gambar contoh alat dan sketsa cara pengujian (Lampiran A) |
| 9 | Contoh Formulir | Sudah ada, tapi kurang lengkap | Penyempurnaan contoh formulir pengisian dan perhitungan (Lampiran B) |

Bibliografi

SNI 03-3404-1994, *Metode pemasangan inklinometer*

ASTM D 2487, *Classification of soils for engineering purposes (United Soil Classification System)*

Pd T-08-2004-A, Pedoman Konstruksi dan Bangunan, "*Instrumentasi Tubuh Bendungan Tipe Urugan dan Tanggul*".

Bureau Reclamation, United States Departement of Interior, 1987, "*Embankment Dam Instrumentation Manual, A Water Resources Technical Publication*".

Soil Instruments Limited, *Instrumentation for Soil and Rock*, 1983.













BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id